

原子分野におけるジグソー法を活用した授業実践

—主体的な学習態度の育成を目指して—

理科 足立達彦

物理における原子分野の学習は、物理法則が複雑に関連し合っているために理解に苦しむ生徒もいる。しかし、ここでの学習内容は既習知を活用することで理解を深めることができ、これまでの学習のまとめとして活用することもできる。今回の授業実践では生徒自らが原子構造や引き起こされる物理現象について理解を深め、班別学習をととした言語活動の充実や思考力、表現力の向上を目標として行った。ジグソー法を活用した授業展開では、生徒一人一人が責任を持って学習を進め、知識を深める事ができた。理解に苦しむ生徒もいたが互いに教え合うことで効果的に理解度を上げることができた。生徒の中には一斉授業に慣れているので正解や解説を求める生徒もおり、自分の意見や考えに自信を持ってない者も少なくなかった。今回の授業実践は原子分野の学習に限って実施したが、授業の展開方法や学習方法を工夫することで高い学習効果を得られると考える。

<キーワード> ジグソー法 言語活動 班別学習 ホワイトボード 原子分野

1. はじめに

平成21年3月に公示された高等学校学習指導要領の総則では、言語活動の充実について、生きる力をはぐくむことを目指し、基礎的・基本的な知識及び技能を習得させ、これらを活用して課題を解決するために必要な思考力、判断力、表現力等をはぐくむとともに、主体的に学習に取り組む態度を養うため、言語活動を充実することとしている。物理現象を深く理解するためには基本的な法則を理解したうえで、それらの様々な法則を関連付け応用させる必要がある。しかし、一般的な授業形態では教師から生徒に向けた一方的な指導が中心であり、そのような授業では基礎基本の定着は可能であるが、生徒が主体的に学ぶ姿勢や興味関心を十分に引き出すことができていない。

今回の授業実践では既習知を活用し、班別学習において生徒自らが理論を確立するうえで言語活動を充実させ、主体的に学習する意欲の育成をおこなう。また、ジグソー法を活用した授業展開を確立することで一人一人の生徒が責任を持って物理現象の理解に取り組み、互いに物理現象を伝え合う中でより一層知識を深化させる。得られた知識を統合させ、発展的な学習内容の理解に積極的に取り組む姿勢を育成する授業プログラムの構築が今回の実践の目的である。

2. 教材と授業構想

今回の授業実践で扱う教材は、物理の教科書（東京書籍）の第5編「原子」を使用した。全ての内容を扱うのではなく、第1章「電子と光」の「光の粒子性」「物質の波動性」と第2章「原子と原子核」の「原子の構造」を扱って実施した。「光電効果」「コンプトン効果」「X線」「ブラッグ反射」を中心に班別学習を進める。

授業展開の概要は、(1) 教員のガイダンスと基本法則等の講義（1時間）、(2) 班別の調べ学習（2時間）、(3) 班別の発表（2時間）、(4) 班別で課題に取り組む（3時間）の全8時間で実施した。

具体的な進め方と学習内容は以下の通りである。

(1) 教員のガイダンスと基本法則等の講義 (1時間)

この講義では今回の授業実践の目的と評価方法について説明をする。評価方法については班別活動における話し合いでの積極性や発表内容の妥当性などについて相互評価を行う。また、各自の取り組みについてはプリントの提出状況と内容について教員が評価することを事前に説明する。また、今回の評価については平常点として成績に加味することも伝える。

次に授業の流れについて説明するとともに、班別学習の班編制を行う。今回の授業実践ではジグソー法を活用して進める。授業展開についての流れを以下の①～⑥に記す。

- ① 統合班を4～5人の班で編制する。(成績優秀者を班長として教員によって班編制をする。)
- ② 統合班内で誰がどの課題に取り組むか自由に決めさせる。課題の内容はA:「光電効果」、B:「コンプトン効果」、C:「X線」、D:「ブラッグ反射」の4種類である。1つの課題にたいして必ず1人が担当する。
- ③ 各統合班の各課題の担当者を集めてエキスパート班とする。(図1参照)

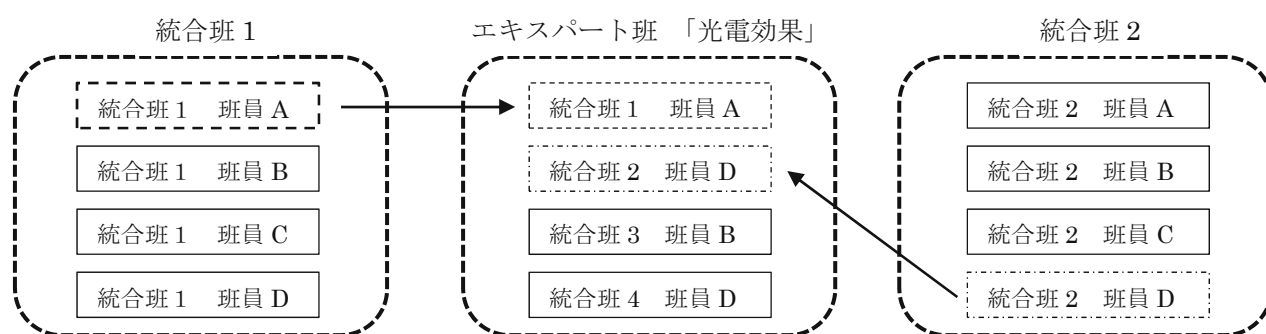


図1 統合班とエキスパート班の班編成の流れ

- ④ エキスパート班で各物理現象について教科書を使って理解を深める。(2時間)
- ⑤ 統合班に戻り、エキスパート班で学習した内容をホワイトボードを用いて説明する。(2時間)
- ⑥ 4つの課題を統合させることで発展的な物理現象について理解を深める。(図2参照)

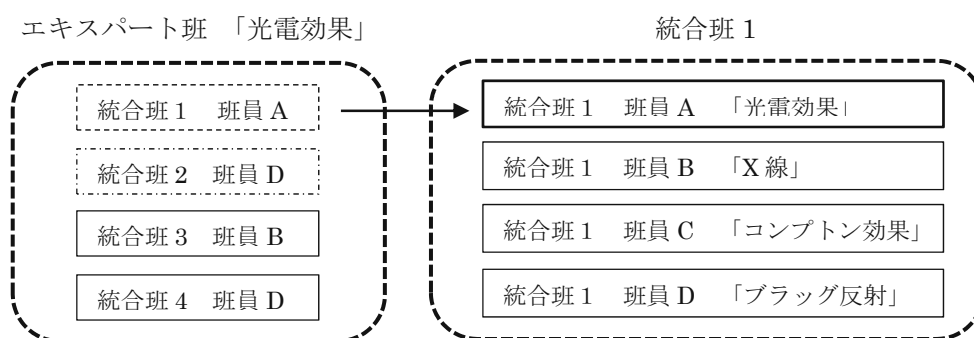


図2 エキスパート班から統合班に戻り各班員が取り組んだ課題を説明する

(2) 班別の調べ学習 (2時間)

エキスパート班に分かれて各物理現象について教科書を中心に調べ学習を行う。各班員が統合班に戻って、別の班員が理解できるように説明するために責任をもって学習し、物理現象について深く理解しておく必要がある。各班で取り組む課題は以下のものである。

課題 A 「光電効果」

- ・ 光電効果についてエネルギーの関係式を導出し、光電効果の実験装置の原理について理解する。
- ・ 光電管の電位差と光電流の関係、光の振動数と光電子の運動エネルギーの関係について理解する。

課題 B 「コンプトン効果」

- ・ 光子の持つ運動量がなぜで表せるのか導出する。
- ・ X線の散乱について粒子性と波動性の関係を考察する。
- ・ 入射 X線と散乱 X線の波長についてを導出し、散乱角と散乱 X線の波長の関係について理解する。

課題 C 「X線の発生」

- ・ X線の発生原理について理解し、連続 X線と特性 X線の違いについて考察する
- ・ 加速電圧によって電子が得るエネルギーと最短波長の関係について考察する。

課題 D 「ブラッグ反射」

- ・ X線のブラッグ反射がなぜ起こるか考察し、X線の干渉条件を導出する。
- ・ 粒子性と波動性から物質波について理解する。

教科書を中心に調べ学習を進めるが、できない場合はインターネット等を用いて情報収集することも可能とする。しかし、公式の導出や物理法則の理解は自力で進めることを目標としているので、なるべくインターネット等の使用は避ける。また個人の学習ではなく班内で話し合いを通して問題解決にあたらせるために各班1枚ずつホワイトボードを支給した。写真1のようにホワイトボードに班員が自由に書き込みをすることで、物理現象の理解を深めるように進めた。机間巡視をしながら行き詰まっている班には

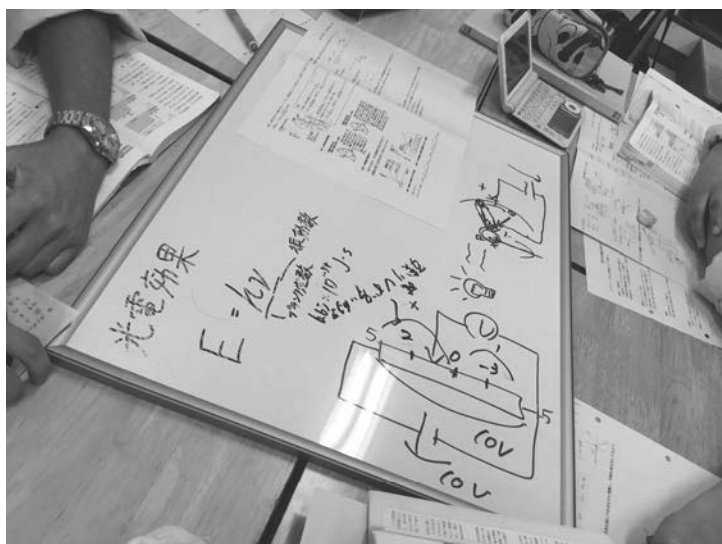


写真 1

アドバイスを与えながら進める。物理法則の中には相対性理論から導出される関係式もあり、難解なものについては教員が解説する。

(3) 班別の発表 (2時間)

エキスパート班から統合班に戻り、エキスパート班で学習した内容を発表することで物理現象の理解に努める。各物理現象の発表は20分間で、まとめや質疑応答の時間を5分間とした。発表の際にはホワイトボードに公式や導出過程を書きながら説明させる講義形式にすることで班員全員の理解を深めるようにした。(写真2参照) 発表を聞く生徒はプリントにメモをとり、発表している生徒の発表内容や方法、理論の正当性について評価をする。プリントの内容を教

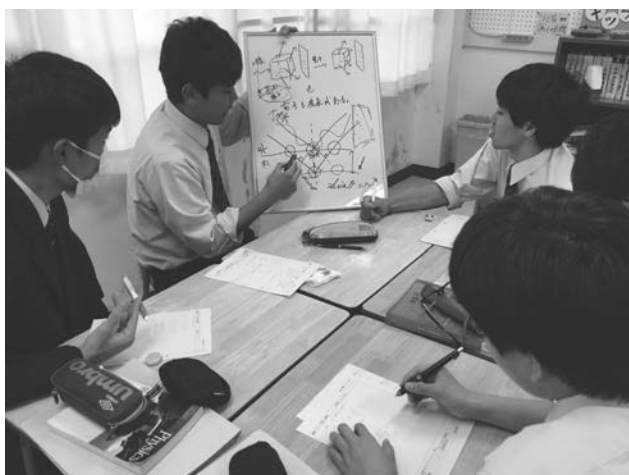


写真 2

員が評価し、生徒間の相互評価も合わせて成績に入れる。実際の発表では、ホワイトボードを有効活用して発表している姿が見られた。また、物理現象を図を用いて説明する生徒も多く聞いている生徒にとってわかりやすいものとなっていた。聞いている生徒も発表者の発言をメモして理解に努めようとしていた。写真3・4が実際に生徒が発表を聞いてまとめたものである。

波長が長い光と波長が短い光との違いは？
 なんで、波長が長い光も波長が短い光も同じ？
 どうして、(図)の光が粒子と波動性を併せ持つ？
 原子分野プリント No. 3

課題D：ブラッグ反射・波動性
 発表者：_____

入射光線と反射光線は平行だと考える。
 経路差は図より、 $2 \times d \sin \theta$
 強め合いの条件より、
 $2d \sin \theta = n\lambda \quad (n=1,2,3\dots)$
 ↓ 実際は、平行ではないから
 ↓ 強め合いの条件が正しくないと、
 ↓ 物質粒子は波動性をもつ

物質粒子は波動性をもつ
 エネルギー: $E = h\nu$
 運動量: $p = \frac{h}{\lambda}$
 $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$
 ↓ 実験事実
 光と物質の相互作用は、電子と光子の相互作用と同じである。
 ↓ 物質粒子は波動性をもつ
 ↓ 物質粒子の波動性を説明する
 ↓ 物質粒子の波動性を説明する
 ↓ 物質粒子の波動性を説明する

評価 5段階 (良い5・4・3・2・1悪い)
 わかりやすさ
 発表者の理解度
 質疑応答
 ホワイトボードの活用
 調べ学習の内容
 総合評価

写真 3

⑥ エキスパート班の発表をまとめよう (自分の課題には発表用のまとめを書き込む)

課題C: X線
 発表者: _____

① 連続 X線
 固有(特性) X線
 X線 = 波動性
 光子 = 粒子性 + 波動性
 電子 = 粒子性 + 波動性
 ↓ 連続 X線の発生機構

② 固有(特性) X線
 外に電子のエネルギーが高い
 ↓ 固有 X線の発生機構
 ↓ X線の発生機構

$E_e = h\nu$
 $E_e - E_c = h\nu$
 $h\nu = E_e - E_c$
 $\lambda = \frac{hc}{E_e - E_c}$
 ↓ 最短波長

評価 5段階 (良い5・4・3・2・1悪い)
 わかりやすさ
 発表者の理解度
 質疑応答
 ホワイトボードの活用
 調べ学習の内容
 総合評価

写真 4

(4) 班別で課題に取り組む (3時間)

最終課題として、各班で発表した物理現象を関連させることでさらに発展的な物理現象について考えさせる。補足説明も含めてこれから解いていく課題の導入部分は教員側の講義形式で説明した。その後に課題を提示し各班で取り组ませる。班内でホワイトボードを活用して解答できた生徒が他の生徒に教えることで互いに理解を深める。図3のようなプリントを作成し、解答の内容から取り組み度合いや理解度を評価する。最終課題の内容は以下の4つである。

- 課題① 「量子条件 $mvr = n \frac{h}{2\pi}$ ($n = 1, 2, 3 \dots$) を導出せよ」
- 課題② 「軌道半径 r_n を導出せよ」
- 課題③ 「定常状態の電子のエネルギー E_n を導出せよ」
- 課題④ 「定常状態が n 番目 (E_n) から n' 番目 ($E_{n'}$) に遷移するとき放出される光の波長を求めよ」

課題①：量子条件 $mvr = n \frac{h}{2\pi}$ を導出せよ
 課題②：軌道半径 r_n を導出せよ
 課題③：定常状態の電子のエネルギー E_n を導出せよ
 課題④：定常状態が n 番目 (E_n) から n' 番目 ($E_{n'}$) に遷移するとき放出される光の波長を求めよ

「ボーアに役立つ！ 水素原子を解説明かせ！」
 ボーア原子モデルの電子軌道を描き、その軌道に電子が存在する条件を説明せよ。

課題④：電子遷移を導出せよ

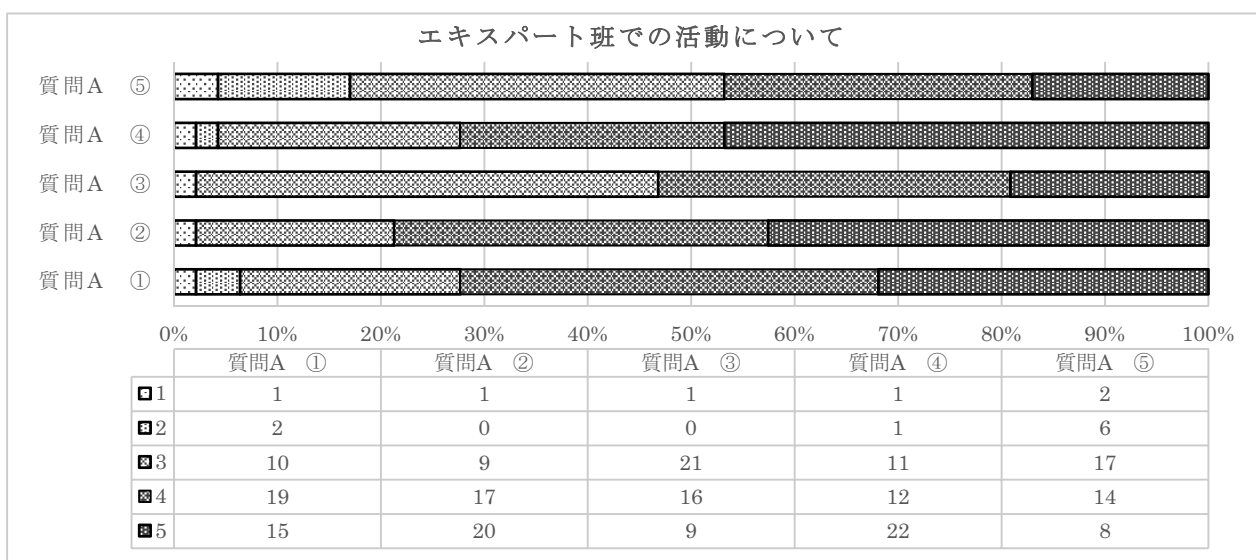
図3 授業プリント

3. アンケート結果

今回の授業実践の最後にアンケートを実施した。質問内容は下記のものである。ただし質問 A・B に関しては 1（できなかった）～5（できた）の 5 段階評価で自己評価をさせ、質問 C については自由記述形式での質問である。

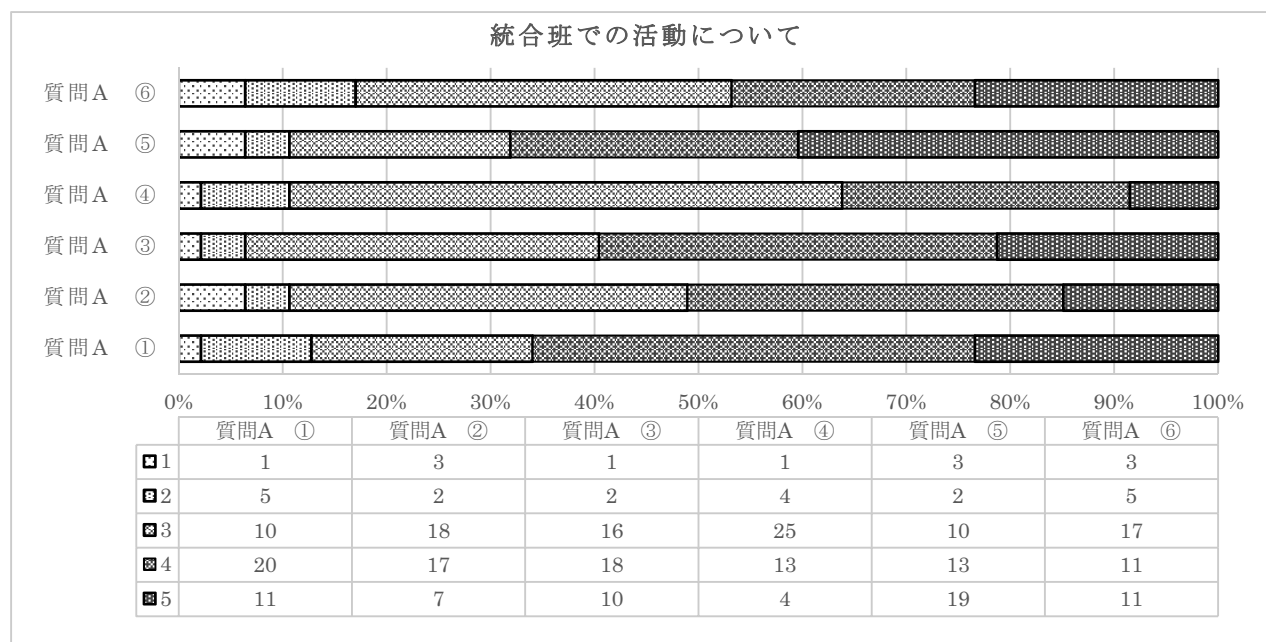
質問 A エキスパート班での活動について	質問 B 統合班での活動について
①自分の意見・考えを主張することができたか。	①責任を持って課題について解説することができたか
②相手の意見・考えを聞き入れることができたか	②相手に理解しやすいように工夫して解説できたか
③自他の意見を統合的に考えることができたか。	③他の班員の発表をしっかりと聞き、理解することができたか
④班員と協力して課題に取り組むことができたか。	④様々な物理現象を統合的に理解することができたか
⑤物理現象を深く理解することができたか。	⑤班員と協力して課題に取り組むことができたか
	⑥最終課題を解くことができたか

アンケート結果については以下の通りである。物理選択クラス合計47名分のアンケート結果である。質問 A について以下に示す。



①～④の質問で評価 1・2 を解答した生徒の割合はとて少なく、積極的に理解しようとする姿勢が見られた。互いに協力させることで積極性が向上し、興味関心を起こすことができる。しかし、⑤では評価 1・2 の割合が増えてしまった。興味関心は高まったが、それが理解に直結するとは限らないということである。また、自分の考えが正しいのかわからず不安を持つ生徒も多くいた。②では評価 5 が多いが、③では評価 3 が多くなっている。これは、理解度の高い生徒の考えを取り入れて自分の考えをあまりもたない生徒が多くいたのではないかと考えられる。⑤の結果を見ても深く理解できた生徒の割合は少なくなっている。今後の課題としては、興味関心を持たせることができたが、どのように理解につなげるのか効果的な学習方法や授業展開を考える必要がある。

質問Bについて以下に示す。



③より評価3・4の割合が多く、ある程度はそれぞれの発表内容や物理現象を個別に理解することができているが。④では評価3の割合が増えていることで、別々の物理現象を統合的に考えることが苦手であるのがよくわかる結果となった。しかし、①よりエキスパート班での調べを発表するときには責任をもって解説できているので、その点では評価できる。⑥では理解度の高い生徒が解答し、それを理解度の低い生徒が聞いているという場面がよく見られた。積極的に解かず、人任せにしているので責任をもって各自が解けるような問題設定や働きかけが必要である。

質問Cについて以下に示す。自由記述で質問は①～④の内容である。

質問① 普通の授業に比べて、班別の学習はどうだったか書いてください。

- ・質問しやすかった、皆で考えるのが新鮮だった。
- ・班員との話し合いで理解が深まった。
- ・自分で調べは深まったが、他の人のしらべは説明の差があり少し不安が残った。
- ・班別学習を授業の主体にするとサボる人が出てきそう。
- ・自分の担当以外の理解度が良くない
- ・テーマが難しいと感じた。
- ・話し合いをしてから解説があると理解が深まった。
- ・物理が苦手な人とか集まると進まない。

質問② 授業展開（方法・時間配分・学習方法）について何かあれば書いてください。

- ・導出の時間を長くして欲しい。
- ・普通の授業より進度が遅く感じる。
- ・教える単位によって、時間配分を変えると時間の有効活用ができそう。
- ・ホワイトボードが役立つ、皆で話し合いながら活用できた。
- ・学校でもネットを使っての調べができるようにして欲しい。

質問③ 班別での学習と普通の座学を比べて学習の理解度はどうだったか書いてください。

- ・ 普段の方が理解できる、自分たちの考えが正しいのかわからない
- ・ 発表を前提に進めたので理解する意欲につながり、発表では自分の理解不足が確かめれた。
- ・ 座学の方が理解度が高いと思う。
- ・ 普段より主体的に取り組むことができた。
- ・ 班別プラス教員の解説が最強だと思う。

質問④ 学習を終えて、全体を通した感想を記入してください。

- ・ 無駄話が多かった
- ・ ただ暗記するだけでなく、理解しながら学習に取り組めた。
- ・ 授業だと聞けないことが、班別だとその場で聞いて解決することができる。
- ・ 4～5人の班なので意見を出しやすかった。
- ・ エキスパート班のときに人によって理解のムラがある。

生徒の意見としては賛否両論であった。班別学習にすることで、その場で質問ができるので理解が深まったという意見の生徒もいれば、物理現象を理解できない生徒が集まると進まず班全体の理解不足につながると答えた生徒もいた。エキスパート班の編制に関しては各統合班で自由に決めさせたのでエキスパート班ごとで学力差が生まれてしまった。ホワイトボードを中心に各班員が意見を出し合うことができるので共通理解できたことは大きな成果だといえる。また、自分たちの理解に不安がある生徒もいたので、教員側からの助言や解説を織り交ぜながら進めることが重要である。

4. まとめ

本実践では、生徒が責任を持って与えられた課題に取り組み、それを互いに伝え合う中でより一層知識を深化させ、得られた知識を統合させることで発展的な学習内容の理解に積極的に取り組む姿勢を育成する授業プログラムの構築が目的であった。エキスパート班での活動では、教科書を十分に読み込み、深く理解しようとする姿が見られた。担当する物理現象の理解は十分に深めることができたと言える。ホワイトボードを活用することで班内の共通理解を深めることができ、互いに教えあうことでさらに理解が進んだ。生徒の感想では他の発表を聞くだけでは理解に不安が残るようで、発表した後に教員によって解説を求める声も多少あった。学習した内容を相手に教えることで、自分の理解度がはっきりとわかり振り返りとしての効果も確認できた。また、各物理現象の基本的な学習に対する積極性や主体性に関しては伸ばすことができたが、応用を必要とする学習には積極性があまり見られなかった。ジグソー法を取り入れることで理解を深めさせる方法に関しては、通常アクティブラーニングでは授業時間数の問題があるが、本実践では時間数を多くとられることはなかった。

5. 今後の課題

今回の実践では、原子分野のみで実施したが他の分野での取り組みを行っていききたい。1度の実践だけでは生徒の積極性や学習の応用力を十分に伸ばしきることができない。授業展開の方法に関しても、統合班での発表時間や教員による解説の時間を効果的に取り入れた授業展開を考えていく必要がある。また、各班の活動時にビデオカメラを設置し、発言の内容やホワイトボードに記入している内容をさらに研究しどのような思考過程を踏んでいるか研究を深めたい。それをもとにアドバイスの方法やタイミングを研究し、生徒の深い理解につながるような取り組みにしていきたい。